昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, May 2009, 52(5): 537－543 ISSN 0454-6296

根瘤蚜对不同抗性葡萄的选择性及葡萄根系挥发性物质的鉴定

杜远鹏[1]，郑秋玲[1]，翟 衡[1,*]，蒋恩顺[2]，王忠跃[3]

（1.山东农业大学园艺科学与工程学院，作物生物学国家重点实验室，山东泰安 271018；2.烟台农业科学研究院植保所，山东烟台 265600；3.中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193）

摘要：为了探讨不同抗性水平砧木及品种对根瘤蚜吸引及驱避效应以及鉴定挥发性物质组分，采用离体根段培养法测定葡萄根瘤蚜 *Phylloxera viticola* Fitch 对砧木 5BB，140Ru 及栽培品种巨峰的选择性，发现根瘤蚜对栽培品种巨峰的根段具有很强的选择性，至接种后 3 d，67.13% 的根瘤蚜优先选择巨峰；而对 5BB 和 140Ru 的选择性却很差，分别有 15.29% 和 17.58% 的根瘤蚜选择 5BB 及 140Ru。根瘤蚜在不同品种根段上的生长发育和繁殖也存在明显差异。对砧木 5BB 和巨峰根系的挥发性组分进行测定，发现 2 个品种挥发物独有组分数量均较高，巨峰独有组分为 23 个，占总成分数的 48.94%，5BB 的独有组分为 32 个，占总成分数的 57.14%。5BB 和巨峰的共有组分为 24 个，主要成分均为亚油酸甲酯和反油酸甲酯，但含量有所不同，其中，5BB 以倍半萜类的丁香醇及脂肪酸甲酯类的亚油酸甲酯，反油酸甲酯，棕榈油酸甲酯含量较高，高于巨峰中相应物质含量的 4.23% ~6.46%，而巨峰以邻苯二甲酸二丁酯及胆甾烷含量较高，分别高于5BB 相应组分含量的 6.81% 和 1.07%。结果说明葡萄根瘤蚜对不同抗性水平砧木及品种确实存在不同的选择性，并且不同抗性水平的砧木及品种的挥发性物质存在显著差异。

关键词：葡萄根瘤蚜；葡萄；寄生选择性；气质联用；挥发性化合物

中图分类号：S663.1 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2009）05-0537-07

Selectivity of *Phylloxera viticola* Fitch (Homoptera: Phylloxeridae) to grape with different resistance and the identification of grape root volatiles

DU Yuan-Peng[1], ZHENG Qiu-Ling[1], ZHAI Heng[1,*], JIANG En-Shun[2], WANG Zhong-Yue[3] (1. College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Institute of Plant Protection, Yantai Academy of Agricultural Sciences, Yantai, Shandong 264000, China; 3. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Pest Insects, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: To probe into either the attractiveness to or avoidance from phylloxera of grape rootstocks and cultivars with different tolerance, as well as into the volatile components from their roots, the method of *invitro* root segment culture was used to investigate the selectivity of *Phylloxera viticola* Fitch to the roots of grape rootstocks '5BB' and '140Ru' and cultivar 'Kyoho'. The results showed great selectivity of phylloxera to 'Kyoho' roots relative to '5BB' and '140Ru'. Three days after inoculation, 67.13% grape phylloxera selected 'Kyoho', while only 15.29% and 17.58% phylloxera selected '5BB' and '140Ru', respectively. The results also demonstrated significant difference in development and reproduction of grape phylloxera on the root segments of 'Kyoho', '5BB' and '140Ru'. In addition, the volatile components from the roots of 'Kyoho' and '5BB' were determined. It was found that each of them produced a large number of unique volatile components. 'Kyoho' produced 23 unique volatile components accounting for 48.94% of the total, while '5BB' had 32 accounting for 57.14%. Among these volatile components, 24 were shared by 'Kyoho' and '5BB', which were linoleic acid, methyl ester and elaidic acid, methyl ester with different contents. The contents of caryophyllene, linoleic acid (methyl ester), elaidic acid (methyl ester), and hexadecanoic acid (methyl ester) in 5BB roots were 4.23% －6.46% higher than those in 'Kyoho' roots, while the contents of dibutyl phthalate and cholestane in 'Kyoho' roots were 6.81% and

基金项目：国家自然科学基金项目(30871680)；农业部葡萄产业体系专项(07-027)

作者简介：杜远鹏，女，1982 年生，山东蓬莱人，博士研究生，研究方向葡萄抗性生理，E-mail：001duzi@163.com

＊通讯作者 Author for correspondence, Tel.：0538-8241335；E-mail：hengz@sdau.edu.cn

收稿日期 Received：2008-12-31；接受日期 Accepted：2009-04-09

1.07% higher than those in 5BB roots, respectively. The results suggest that phylloxera has different selectivity to grape rootstocks and cultivars with different tolerance, and these rootstocks and cultivars produce different volatile components.

Key words: *Phylloxera viticola*; grape; host selectivity; gas chromatography-mass (GC-MS); volatiles

昆虫对寄主植物的选择行为表现在对某种植物及其器官产生趋向行为和到达植株后的取食、定居、繁殖等一系列反应,由此导致在这种植物上生长繁殖并建立种群(张英和严福顺,1998; 朱麟和古德祥,2000)。在自然状态下,植食性昆虫对远距离寄主植物的定向反应是昆虫相关感觉器官对一定信号刺激所形成的生理反应,这些感觉器官包括视觉、嗅觉、味觉和触觉等。对大部分植食性昆虫来说,视觉是搜寻寄主植物过程中最重要的感觉方式之一(Prokopy and Owens,1983)。但对于生活在土壤中的葡萄根瘤蚜 *Phylloxera viticola* Fitch 来说,视觉则不是起主要作用的因素。嗅觉和味觉则是其对寄主选择的重要感觉方式。寄主植物的挥发性物质在植食性昆虫的寄主搜索过程中起着重要的化学通讯作用(娄永根和程家安,1997; Kessler and Baldwin, 2001)。已有研究表明植物挥发性次生化合物影响蚜虫寄主定位,如黑豆蚜 *Aphis craccivora*(Alikhan, 1960),棉蚜 *Aphis gossypii*(Pospisil,1972),大豆蚜 *Aphis glycines*(杜永均等,1994)和无翅的茶蔗隐瘤蚜 *Cryptomyzus korschelti*(Visser and Taanman,1987)都对寄主的气味有明显反应。

唐晓伟等(2004)采用 GC-MS 方法发现野生番茄抗虫品种叶片提取物中的主要抗虫组分为2-羟甲基-2-硝基-1,3-丙二醇,研究其他植物的挥发性物质也均采用的是 GC-MS 方法,但目前还未见关于葡萄根系挥发性物质研究的报道。欧亚种葡萄对根瘤蚜极为敏感,根瘤蚜曾对欧洲葡萄造成过毁灭性危害,后来随抗性砧木的使用而得以控制。目前公认河岸葡萄、沙地葡萄和冬葡萄3个种对根瘤蚜有很强的抗性,三者互相杂交培育出的砧木品种对根瘤蚜抗性最高(Granett *et al*.,1987;Song and Granett,1990)。杜远鹏等(2008a)离体根段鉴定表明,我国引进的抗根瘤蚜砧木能够显著抑制根瘤蚜存活及产卵。

研究蚜虫在寻找寄主植物中所利用的化合物质及其感受机制,不仅能揭示蚜虫与寄主植物的化学联系,而且可为蚜虫的防治提供新的思路和技术途径,对利用天然生物活性物质防治害虫、抗虫育种、生物防治等具有重要的科学意义。本文旨在研究根瘤蚜对寄主的选择性及寄主的挥发性物质组分以期为砧木的抗性机制研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

根据前期鉴定结果(杜远鹏等,2008a),选择3种抗性不同的葡萄资源:砧木5BB(免疫),砧木140Ru(高抗,仅形成少量根结和极个别根瘤),栽培品种巨峰(高感,大量形成根瘤和根结),所用根系取自山东农业大学葡萄资源圃;葡萄根瘤蚜为实验室离体根段繁殖保存。

1.2 根瘤蚜对不同抗性葡萄的选择性

取直径3~5 mm、长度为4 cm的葡萄离体根段,一端用湿棉花包裹,保鲜膜密封,平放在培养皿中,3条不同品种的根段呈射线状圆形放于培养皿中,包裹棉花的一端紧贴培养皿的内壁,未包棉花的一端均位于培养皿的中央,在培养皿中央各根段末端上放一直径为1 cm的湿润滤纸(尺寸是依据预先观察根瘤蚜1 d若虫的爬行距离并与3条根段均接触而定),将30头1 d根瘤蚜若虫放于滤纸中间,将培养皿封盖后用封口膜密封,置于24℃黑暗培养箱中。本实验采用10个重复,为保证根瘤蚜有充分的选择时间,于接种3 d后进行统计。初步实验表明在培养皿内保持湿润的条件下,最初3 d内不存在饥饿死亡率问题。

1.3 挥发性物质成分的 GC-MS 分析

试材选用免疫的5BB及高感的巨峰,采用顶空进样法(HS GC-MS),仪器为 GCMS-QP2010 plus 型气相色谱-质谱联用仪,色谱条件:色谱柱,Rtx-5 弹性石英毛细管柱 30 m×0.32 mm, 0.25 μm;柱温采用程序升温,初温 50℃,保持 2 min,然后以10℃/min升至 230℃,保持 3 min,进样口温度250℃,无分流进样,取样时间 1 min,进样量 1 μL;载气 He 流量 1.06 mL/min。质谱条件:GC-MS 接口温度 250℃,EI 离子源,离子源温度 200℃,电子能量 70 eV,质量范围 40~350 amu。

1.4 数据统计与分析

种群龄期结构指数(population age structure index, PASI)采用公式 PASI = $\Sigma p_x w_x$ 进行计算(Omer et al., 1999),其中 p_x 代表每一条根段上从1

龄若虫～成虫根瘤蚜数量份额,w_x 代表龄期。挥发性物质的鉴定:利用 NIST05 谱库检索定性,并与文献比较,扣除空气本底后采用面积归一法计百分含量。采用 DPS(专业版)分析软件分析数据并比较不同处理间的差异显著性。全部数据用SPSS13.0 软件进行单因素方差分析,并进行 LSD 多重比较。

2　结果与分析

2.1　根瘤蚜对不同品种葡萄根段的选择性

接种 3 d 后即在巨峰根段上发现大量的根瘤蚜,其数量分别是在 140Ru 和 5BB 根段上的 3.82 和4.39倍(图 1),在存活下来并进行选择的 24 头根瘤蚜中有 67.13% 优先选择了巨峰,只有 17.58% 和 15.29% 选择了 140Ru 和 5BB;随接种时间的延长根瘤蚜存活率均呈下降趋势,至接种 28 d 时 5BB 根段上根瘤蚜数量已为零,而巨峰根段上根瘤蚜数量仍较高,为10.15 头,占根瘤蚜总存活量的 88.26%。

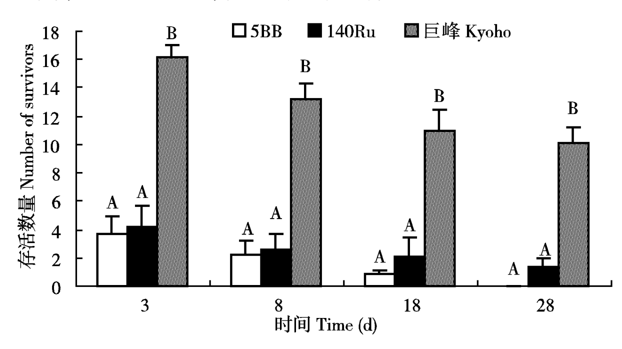


图 1　根瘤蚜在不同品种葡萄根段上的存活数量

Fig. 1　Survival of *Phylloxera viticola* on root pieces of different grape varieties

图柱上不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著(LSD 多重比较);图2 同。The different capital letters above column represent significant differences at the 0.01 level by Fisher's LSD test. The same for Fig. 2.

2.2　根瘤蚜在不同品种葡萄根段上的种群龄期结构指数比较

根瘤蚜在不同品种葡萄根段上发育进程存在显著差异(图 2),在嗜好的巨峰根段上发育最快,接种 8 d 时已有少量个体发育至 2 龄,至 28 d 时大部分发育至成虫;而在 5BB 上表现滞育,始终处于 1 龄,至 28 d 时在 140 Ru 上大部分只能发育到 2 龄,个别在愈伤组织上取食的发育到成虫。

2.3　根瘤蚜在不同品种葡萄根段上根瘤量和产卵量比较

接种 28 d 时发现巨峰葡萄上形成的根瘤最多(表 1),在 140Ru 上个别根段形成 1 个根瘤,而在 5BB 上不形成根瘤;至接种 28 d 时,根瘤蚜在巨峰葡萄上的产卵量最多,在 140Ru 上仅有少量卵,而在 5BB 上因仅发育至 1 龄,不能完成完整的生活史,没有卵产生。

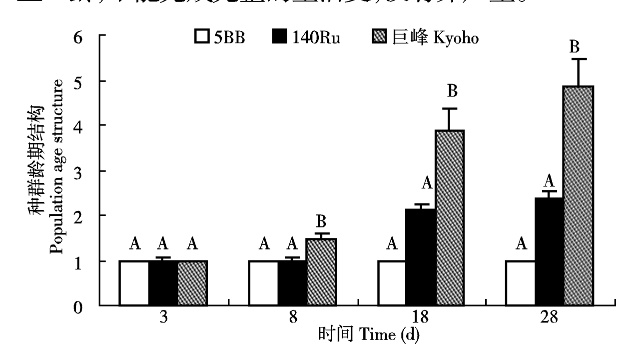


图 2　根瘤蚜在不同品种葡萄根段上的种群龄期结构

Fig. 2　Population age structure index for *Phylloxera viticola* on root pieces of different grape varieties

表 1　根瘤蚜在不同品种葡萄根段上根瘤量和产卵量

Table 1　The number of tuberosities and eggs laid by *Phylloxera viticola* on root pieces of different grape varieties

类型 Grape varieties	根瘤量 Number of tuberosities	产卵量 Total number of eggs laid
5BB	0.00 ±0.00 A	0.00 ±0.00 A
140	0.30 ±0.17 A	3.63 ±2.65 A
巨峰 Kyoho	10.11 ±0.68 B	204.05 ±8.39 B

图列数据后不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著(LSD 多重比较)。Data followed by different capital letters represent significant differences at the 0.01 level by Fisher's LSD test.

2.4　巨峰葡萄和砧木 5BB 根系挥发性物质的组分和相对质量分数

从巨峰根段挥发物中可鉴定出 47 种化合物(表 2),所鉴定的成分约占挥发性物质总色谱峰总面积的 96.71%,从 5BB 根段挥发物中可鉴定出 56 种化合物,所鉴定的成分约占挥发性物质总色谱峰总面积的 95.17%。

巨峰和 5BB 挥发物组分如表 2,其中,巨峰单有组分 23 个,占总挥发性组分个数的 48.94%;5BB 独有组分 32 个;占总挥发性组分个数的 57.14%;巨峰单有组分中烯类,烷类,醇类,酮类,酯类分别占总含量的 0.46%, 12.91%, 0.89%, 5.28%, 4.07%,5BB 独有组分中上述物质分别占其总含量的 0.78%, 7.12%, 1.70%, 0.04% 和 2.81%;巨峰与 5BB 的共有组分 24 个,分别占各自总含量的 70.5% 和 83.06%,均以亚油酸甲酯和反油酸甲酯含量较高,巨峰亚油酸甲酯和反油酸甲酯含量分别为 15.5% 和 27.55%,5BB 的分别为 20.09% 和 34.01%,其中 5BB 中倍半萜丁香醇及脂肪酸甲酯类化合物亚油酸甲酯,反油酸甲酯,棕榈油酸甲酯含量高于巨峰中相应物质

含量的4.23% ~6.46%，而巨峰中的邻苯二甲酸二丁酯及胆甾烷含量分别比5BB中的相应物质含量高6.81%和1.07%，其他共有组分含量相差不大。

表2 巨峰和5BB葡萄根段挥发性物质的成分和含量

Table 2 Components and contents of volatiles from Kyoho and 5BB roots

挥发性物质组分 Components of volatiles	巨峰 Kyoho		5BB		挥发性物质组分 Components of volatiles	巨峰 Kyoho		5BB	
	相对含量 Relative content (%)	相似度 Similarity (%)	相对含量 Relative content (%)	相似度 Similarity (%)		相对含量 Relative content (%)	相似度 Similarity (%)	相对含量 Relative content (%)	相似度 Similarity (%)
己醛 Hexanal	0.36	95	0.49	95	茴香酮 L-Fenchone	0.03	81		
丁香醇 Caryophyllene	0.09	95	4.32	93	烯丙基庚基碳酸酯 Carbonic acid, allyl heptyl ester	0.02	67		
[1*R*-(1*R*,4*Z*,9*S*)]-4,11,11-三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯 4,11,11-Trimethyl-8-methylenebicyclo[7.2.0]unde	0.03	76	0.47	87	15-甲基-棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	0.69	91		
十七烷 Heptadecane	0.11	84	0.47	97	9-氧代壬酸甲酯 Nonanoic acid, 9-oxo-, methyl ester	0.03	91		
壬醛 Nonanal	0.02	92	0.03	66	*E*,*E*,*Z*-1,3,12-十九碳三烯-5,14-二醇 *E*,*E*,*Z*-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol	3.19	71		
莰烯 2,2-Dimethyl-3-methylenebicyclo[2.2.1]heptane	1.39	96	0.39	82	3,5-二氟苯十二烷基草酸酯 Oxalic acid, dodecyl 3,5-difluorophenyl ester	0.01	63		
邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	3.82	96	3.81	96	11-十六碳烯酸甲酯 11-Hexadecenoic acid, methyl ester	1.76	96		
3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	0.17	94	0.16	92	2,3-庚烷二酮 2,3-Heptanedione			0.04	94
α-蒎烯 Alpha-pinene	0.38	97	0.23	85	4-甲基-2-戊酮酸 4-Methyl-2-oxovaleric acid			0.03	94
d-柠檬烯 D-Limonene	0.13	92	0.06	80	桉油精 Eucalyptol			0.06	95
豆甾烷 Stigmastane	0.79	78	1.19	75	1-[2-丁氧基乙氧基)乙醇 Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-			0.11	91
邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	7.18	96	0.37	62	2,3,5,8-四甲基癸烷 Decane, 2,3,5,8-tetramethyl-			0.10	83
亚油酸甲酯 Linoleic acid, methyl ester	15.50	93	20.09	79	癸烷 Decanal			0.03	89
反油酸甲酯 Elaidic acid, methyl ester	27.55	92	34.01	94	己基氯甲酸酯 Hexyl chloroformate			0.23	72
棕榈油酸甲酯 Hexadecanoic acid, methyl ester	0.29	89	6.36	92	3-丁基环己烯 Cyclohexene,3-butyl-			0.03	96
1-四十一醇 1-Hentetracontanol	1.63	88	2.21	93	3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-			0.02	94
甘菊环 Azulene	0.10	95	0.06	94	苯骈简菠二烯 Benzonorbornadiene			0.04	77
胆甾烷 Cholestane	2.49	77	1.42	79	α-柏木烯 α-Cedrene			0.02	77
3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	0.02	63	0.49	69	[1*S*-(1*R* *,9*S* *)]-10,10-二甲基-2,6,二亚甲基二环[7,2,0]十一烷 Bicyclo[7.2.0]undecane,10,10-dimethyl-2,6-bis(methylene)-,[1*S*-(1*R* *,9*S* *)]			0.09	81

续表 2 Table 2 continued

挥发性物质组分 Components of volatiles	巨峰 Kyoho 相对含量 Relative content (%)	巨峰 Kyoho 相似度 Similarity (%)	5BB 相对含量 Relative content (%)	5BB 相似度 Similarity (%)
8-2-(呋喃)辛酸甲酯 Methyl 8-(2-furyl) octanoate	0.03	73	0.02	72
硬脂酸甲酯 Octadecanoic acid, methyl ester	2.72	93	3.42	79
三十六烷 Hexatriacontane	2.43	78	1.74	75
1-十一碳烯 1-Undecene	0.08	96	0.09	95
十九碳-*E*,*E*,*Z*-1,3,12-三烯醇 *E*,*E*,*Z*-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol	3.19	71	1.16	88
紫罗兰酮 beta.-iso-Methyl ionone	5.08	82		
别孕(甾)烷 Allopregnane	0.34	81		
2,6,10,15-四甲基十七烷 Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	0.29	65		
间伞花烃 m-Cymene	0.03	78		
樟脑 L-camphor	0.03	94		
4-甲基-1-戊醇 1-Pentanol, 4-methyl-	0.17	90		
2-蒎烯-10-醇 2-Pinen-10-ol	0.08	95		
1,3,5,5,6,6-六甲基-1,3-环己二烯 1,3-Cyclohexadiene, 1,3,5,5,6,6-hexamethyl-	0.02	73		
3-异丙基-6,7-二甲基金刚[4.4.0.0(2,8)]癸烷-9,10-二醇 3-Isopropyl-6,7-dimethyltricyclo[4.4.0.0(2,8)]decane-9,10-diol	0.60	68		
6,6-二甲基-2-亚甲基-二环[3.1.1]庚-3-醇乙酸酯 Bicyclo[3.1.1]heptan-3-ol, 6,6-dimethyl-2-methylene-	0.04	83		
2-甲基丁醛肟 Butyl aldoxime, 2-methyl-, syn-	0.14	98		
乙酸苄酯 Sclareoloxide	1.39	74		
正三十四烷 Tetratriacontane	11.86	97		
3-乙基-2,5-二甲基-1,3-已二烯 1,3-Hexadiene, 3-ethyl-2,5-dimethyl-			0.03	96
烯丙基庚基-碳酸酯 Carbonic acid, allyl heptyl ester			0.07	91
3,7-二甲基-6-壬烯-1-醇 3,7-Dimethyl-6-nonen-1-ol			0.31	91
2,6,10-三甲基十四烷 Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-			0.29	85
(*Z*,*Z*,*Z*)-1,5,9,9 四-甲基-1,4,7 环-十一碳三烯 1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, *Z*,*Z*,*Z*-			0.21	96
14-异戊基-8,13-二甲基罗汉松烷 14-Isopentyl-8,13-dimethylpodocarpane			1.90	84
9-十六碳烯酸甲酯 9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (*Z*)-			0.47	74
3,3-二甲基亚环己基乙醛 Acetaldehyde, (3,3-dimethylcyclohexylidene)-, (*E*)			0.19	96
乙基环二十二烷 Cyclodocosane, ethyl-			0.23	89
孕甾-20 炔基-17-醇 Pregn-20-yn-17-ol			0.79	90
3-脱氧雌二醇 Estradiol, 3-deoxy-			0.28	61
环己基甲基亚硫酸十六酯 Sulfurous acid, cyclohexylmethyl hexadecyl ester			0.02	90
14-甲基棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester			1.07	75
(*E*)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醇 3-甲基丁酸酯 Geranyl isovalerate			0.31	82
1-[2-甲基-3-(甲基硫代)烯丙基]-2-环已烯醇 1-[2-Methyl-3-(methylthio) allyl] cyclohex-2-enol			0.13	67
正十七烷 Heptadecane			0.50	74
三十烷 Triacontane			2.29	78
9,12-十八碳二烯酸甲酯 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester			0.48	85

续表 2 Table 2 continued

挥发性物质组分 Components of volatiles	巨峰 Kyoho 相对含量 Relative content (%)	巨峰 Kyoho 相似度 Similarity (%)	5BB 相对含量 Relative content (%)	5BB 相似度 Similarity (%)	挥发性物质组分 Components of volatiles	巨峰 Kyoho 相对含量 Relative content (%)	巨峰 Kyoho 相似度 Similarity (%)	5BB 相对含量 Relative content (%)	5BB 相似度 Similarity (%)
衣兰烯 Ylangene	0.03	87			4-戊基-1-(4-丙基环己基)环己烯 Cyclohexene, 4-pentyl-1-(4-propylcyclohexyl)-			0.39	82
17-三十五烯 17-Pentatriacontene	0.37	81			四十三烷 Tritetracontane			1.35	81
5-甲基-2-(1-甲基乙基)-1-已醇 2-Isopropyl-5-methyl-1-hexanol	0.01	62							

3 讨论

已有许多研究证实学习与经历影响昆虫的取食行为,并且这种学习行为在短时间内就可以形成(Lewis and Tumlinson,1988;Powell *et al.*,1998)。所以在选择性实验开始前我们便将根瘤蚜产的卵放在仅铺有湿润滤纸的培养皿中,待其孵化后第 1 天便将其转移到选择性实验培养皿的中间滤纸圆片上,以消除根瘤蚜在原繁殖根系上的学习与经历。就选择行为而言,如果植物系植食性昆虫的非选择性食物源,昆虫则围绕植物运动直至选择到合适的植物而固定。笔者在预备实 4 验中发现接种 3 d 后,根瘤蚜对不同砧木及栽培品种的选择性已基本达到稳定。

从根瘤蚜对不同栽培品种和砧木的优先选择性实验结果中可以看出,根瘤蚜确实存在对寄主的优先选择,对感根瘤蚜的巨峰选择性极强,而对 2 个抗性砧木 5BB 和 140Ru 很少选择。即使初期选择了砧木的根瘤蚜,也表现死亡率高,发育进程迟缓,在 5BB 上则表现滞育。在砧木 140Ru 上能够发育成少量的成虫和形成极少量的根瘤,前期实验也表明根瘤蚜在 140Ru 新根上能形成部分根结(杜远鹏等,2008b),是我国发生根瘤蚜的生物型问题还是 140Ru 的抗性不足尚未可知,因此在挥发性物质研究中仅选择了免疫的 5BB 和高感的巨峰,而舍弃了抗性稍弱的 140Ru。

众多的研究表明,昆虫对寄主植物的选择与植物的挥发性物质有关(娄永根和程家安,1997;Kessler and Baldwin,2001),植物所释放的挥发性气味是由多种微浓度的挥发性次生物质组成的复杂混合物,不直接参与植物生长发育和生殖的原始生化活动,但具有植物种类的特异性。王大浩(2005)在洱源丛枝瑚的挥发性化合物中发现了高含量的脂肪酸甲酯类化合物反油酸甲酯、棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、亚油酸甲酯等,并推测这些化合物可能对粘虫有毒杀和触杀活性。本实验也有相似结果,发现抗性砧木 5BB 中的倍半萜类的丁香醇及脂肪酸甲酯类化合物亚油酸甲酯、反油酸甲酯和棕榈油酸甲酯含量较高,其中 3 种脂肪酸甲酯类化合物的总含量比巨峰中高 17.82%,但这些化合物是否对根瘤蚜起驱避作用尚需进一步研究。5BB 中含有的某些独有组分据报道是对昆虫有毒害作用的,如桉油精(Klocke *et al.*,1987;Prates *et al.*,1998;De Vincenzi *et al.*,2002)及 α-柏木烯(贾洪敏,2006);而巨峰中的独有组分紫罗兰酮则有资料表明对苹果实蝇具有引诱作用(Nojima *et al.*,2003;张淑颖等,2006),但是否对根瘤蚜有引诱作用尚不清楚。因此,这些挥发性物质是否对根瘤蚜的寄主选择起引诱或趋避作用还有待于进一步研究。

参考文献(References)

Alikhan MA, 1960. The experimental study of the chemotactic basis of host-specificity in a phytophagous insect, *Aphis fabae* Scop. (Aphididae, Homoptera). *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska Lublin Sect. C*, 15: 117-157.

De Vincenzi M, Silano M, De Vincenzi A, Maialetti F, Scazzocchio B, 2002. Constituents of aromatic plants: Eucalyptol. *Fitoterapia*, 73 (3): 269-275.

Du YP, Wang ZS, Sun QH, Zhai H, Wang ZY, 2008a. Evaluation on grape phylloxera resistance in several grape varieties and rootstocks. *Acta Entomologica Sinica*, 51(1): 33-39. [杜远鹏, 王兆顺, 孙庆华, 翟衡, 王忠跃, 2008a. 部分葡萄品种和砧木抗葡萄根瘤蚜性能鉴定. 昆虫学报, 51(1): 33-39]

Du YP, Wang ZS, Yang Y, Zhao Q, Zhai H, 2008b. Nodosity formation and nutrition consumption in grape cultivars with different

phylloxera-resistance and infested by grape phylloxera. *Acta Entomologica Sinica*, 51(10): 1 050 – 1 054.［杜远鹏，王兆顺，杨阳，赵青，翟衡，王忠跃，2008b. 根瘤蚜侵染不同抗性葡萄对根结形成及植株营养消耗的影响. 昆虫学报，51(10): 1 050 – 1 054］

Du YJ, Yan FS, Han XL, Zhang GX, 1994. Olfaction in chemically mediated host seeking and oviposition behavior of mosquitoes. *Acta Entomologica Sinica*, 37(4): 385 – 392.［杜永均，严福顺，韩心丽，张广学，1994. 蚊虫搜寻吸血寄主和产卵行为的调节因子及相关嗅觉机理. 昆虫学报，37(4): 385 – 392］

Granett J, Goheen AC, Lider LA, 1987. Grape phylloxera in *California*. *California Agriculture*, 41 (1 – 2): 10 – 12.

Klocke JA, Darlington MV, Balandrin MF, 1987. 1, 8-Cineole (Eucalyptol), a mosquito feeding and ovipositional repellent from volatile oil of *Hemizonia fitchii* (Asteraceae). *Journal of Chemical Ecology*, 13(12): 2 131 – 2 141.

Jia HM, 2006. Study on the Resistance Mechanism of Chinese Pine to Red Turpentine Beetle: the Role of Resin and Terpenes. MSc Thesis, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei.［贾洪敏，2006. 油松对红脂大小蠹抗性机制的研究——松脂及砧烯物质与抗性的关系. 河北保定: 河北农业大学硕士学位论文］

Kessler A, Baldwin IT, 2001. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, 291: 2 141 – 2 144.

Lewis WJ, Tumlinson JH, 1988. Host detection by chemically mediated associative learning in a parasitic wasp. *Nature*, 331: 257 – 259.

Lou YG, Cheng JA, 1997. Interactions among host plants, phytophagous insects and natural enemies and relevant research methods. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 8(3): 325 – 331.［娄永根，程家安，1997. 植物-植食性昆虫-天敌三营养层次的相互作用及其研究方法. 应用生态学报，8(3): 325 – 331］

Nojima S, Linn C Jr, Morris JB, Zhang A, Roelofs W, 2003. Identification of host fruit volatiles from hawthorn (*Crataegus* spp.) attractive to hawthorn-origin *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology*, 29(2): 321 – 326.

Omer AD, Granett J, Kocsis L, Downie DA, 1999. Preference and performance responses of California grape phylloxera to different *Vitis* rootstocks. *Journal of Applied Entomology*, 123: 341 – 346.

Pospisil J, 1972. Olfactory orientation of certain phytophagous insects in Cuba. *Acta Entomol. Bohemoslov.*, 69: 7 – 17.

Powell W, Pennacchio F, Poppy GM, Tremblay E, 1998. Strategies involved in the location of hosts by the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenotera: Braconidae: Aphidiinae). *Biological Control*, 11(2): 104 – 112.

Prates HT, Leite RC, Craveiro AA, Oliveira AB, 1998. Identification of some chemical components of the essential oil from molasses grass (*Melinis minutiflora* Beauv.) and their activity against cattle-tick (*Boophilus microplus*). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 9(2): 193 – 197.

Prokopy RJ, Owens ED, 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 28: 337 – 364.

Song GC, Granett J, 1990. Grape phylloxera (Homoptera: Phylloxeridae) biotypes in France. *Journal of Economic Entomology*, 83 (2): 489 – 493.

Tang XW, Chai M, He HJ, Hou XL, 2004. Identification of pest-resistence compositions in wild tomatos by GC-MS. *Journal of Instrumental Analysis.* 23: 235 – 239.［唐晓伟，柴敏，何洪巨，侯晓亮，2004. 野生番茄抗虫品种抗虫组分的 GC-MS 分析. 分析测试学报，23: 235 – 239］

Visser JH, Taanman JW, 1987. Odour-conditioned anemotaxis of apterous aphids (*Cryptomyzus korschelti*) in response to host plants. *Physiol. Entomol.*, 12: 473 – 479.

Wang DH, 2005. The Insecticidal Ingredients from *Ramaria eryuanensis*. MSc Thesis, Northwest Agriculture and Forest University, Yangling, Shaanxi.［王大浩，2005. 洱源丛枝瑚杀虫活性成分研究. 陕西杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文］

Zhang SY, Xiao C, Ye M, Kang M, Wu SR, Hu CH, 2006. Attraction of the volatiles from ripen banana pulp for *Dacus dorsalis* (Hendel). *Journal of Huazhoung Agricultural University (Natural Science Edition)*, 25(5): 512 – 514.［张淑颖，肖春，叶敏，康敏，伍苏然，胡纯华，2006. 香蕉果肉挥发物对桔小实蝇成虫的引诱作用. 华中农业大学学报（自然科学版），25(5): 512 – 514］

Zhang Y, Yan FS, 1998. Herbivore-induced volatiles and their roles in plant defence. *Acta Entomologica Sinica*, 41(2): 204 – 213.［张英，严福顺，1998. 虫害诱导的植物挥发性次生物质及其在植物防御中的作用. 昆虫学报，41(2): 204 – 213］

Zhu L, Gu DX, 2000. The adaptive strategies of insects to plant alleochemicals. *Chinese Journal of Ecology*, 19(3): 36 – 45.［朱麟，古德祥，2000. 昆虫对植物次生性物质的适应策略. 生态学杂志，19(3): 36 – 45］

（责任编辑：赵利辉）